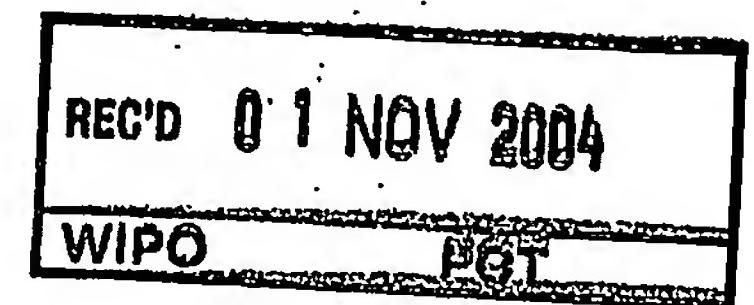


EP04/9946



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 49 697.1  
**Anmeldetag:** 24. Oktober 2003  
**Anmelder/Inhaber:** DaimlerChrysler AG,  
70567 Stuttgart/DE  
**Bezeichnung:** Bearbeitungssystem zur spanenden Bearbeitung von  
Zylinderköpfen  
**IPC:** B 23 Q, B 23 P

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 07. Oktober 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Remus

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

DaimlerChrysler AG

Dr. Närger

20.10.2003

Bearbeitungssystem zur spanenden Bearbeitung  
von Zylinderköpfen

Die Erfindung betrifft ein Bearbeitungssystem zur spanenden Bearbeitung von Zylinderköpfen, insbesondere von Zylinderköpfen für PKWs.

Zur spanenden Bearbeitung von Zylinderköpfen werden herkömmlicherweise Transferstraßen eingesetzt, die aus mehreren Einzelstationen bestehen, die starr miteinander verkettet sind.

Der zu bearbeitende Zylinderkopf durchläuft diese Stationen sequentiell, wobei in jeder der Stationen ein anderer Bearbeitungsschritt am Zylinderkopf durchgeführt wird. Solche Transferstraßen sind aufgrund der starren Aufeinanderfolge der Einzelstationen sehr unflexibel.

Um die Flexibilität des Zylinderkopf-Bearbeitungssystems zu erhöhen, können einige (oder alle) dieser Stationen durch flexible Bearbeitungszentren ersetzt werden. Jedes dieser Bearbeitungszentren verfügt über eine oder mehrere Werkzeugspindeln sowie über ein Werkzeugwechselsystem, mit Hilfe dessen die Spindeln mit unterschiedlichen Werkzeugen bestückt werden können. Durch den sequentiellen Einsatz dieser Werkzeuge an der Spindel des Bearbeitungszentrums kann eine große Zahl unterschiedlicher Bearbeitungsoperationen am Zylinderkopf durchgeführt werden. Während die Bearbeitungszentren eine hohe Flexibilität ermöglichen, ist ihr Einsatz verbunden mit hohen Anteilen unproduktiver Nebenzeiten (aufgrund der

Werkzeugwechsel), die die Effektivität des Fertigungssystems reduzieren.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bearbeitungs-

zentrum für Zylinderköpfe vorzuschlagen, das einerseits sehr flexibel ist, andererseits eine erhebliche Reduktion der Bearbeitungszeiten an Zylinderköpfen ermöglicht.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des An-

10 spruchs 1 gelöst.

Danach werden die flexiblen Bearbeitungszentren des Zylinderkopf-Bearbeitungssystems ersetzt durch Werkzeugmaschinen, in deren Arbeitsraum sich eine Vielzahl angetriebener Spindeln

15 befinden, die jeweils mit einem Werkzeug versehen sind. Im Unterschied zu den herkömmlichen Bearbeitungszentren findet während der Bearbeitung auf den Spindeln kein Werkzeugwechsel statt, sondern jedes der benötigten Werkzeuge befindet sich in einer festen Aufspannung auf einer individuellen, dem

20 Werkzeug zugeordneten Werkzeugspindel.

Im Unterschied zum Stand der Technik der Zylinderkopfbearbeitung in flexiblen Bearbeitungszentren, bei denen durch den Werkzeugwechsel an den Spindeln ein großer Anteil an unproduktiver Nebenzeite anfällt (in der Regel > 60% bei der Bearbeitung von Zylinderköpfen aus Aluminium), fällt bei den in der Erfindung eingesetzten Werkzeugmaschinen keinerlei Werkzeugwechsel während der Bearbeitung an, da jedes Werkzeug

25 seine eigene Spindel hat. Dadurch können die Nebenzeiten bei der Zylinderkopfbearbeitung erheblich reduziert werden.

Vorteilhafterweise sind zumindest einige der Spindeln in einer solchen Weise im Arbeitsraum der Werkzeugmaschine angeordnet, dass die auf ihnen befestigten Werkzeuge gleichzeitig

an dem Zylinderkopf zum Eingriff kommen können. Durch diese mehrspindlige Bearbeitung kann die Hauptzeit bei der Bearbeitung der Zylinderköpfe stark reduziert werden.

- 5 Zweckmäßigerweise sind die Werkzeugmaschinen flexibel gestaltet, so dass die Werkzeuge und Spindeln innerhalb der Maschine an verschiedenen Stellen und unter verschiedenen Ausrichtungen angeordnet sein können. Dann haben die Werkzeugmaschinen für unterschiedliche Bearbeitungsstationen denselben  
10 Grundaufbau, sind jedoch je nach Bearbeitungsstation mit unterschiedlichen Spindeln und Werkzeugen versehen. Aufgrund des einheitlichen Grundaufbaus der Maschinen wird die Wartung wesentlich vereinfacht. Weiterhin kann bei einem Maschinen-  
15 ausfall schnell eine Ersatzmaschine konfiguriert und einge- wechselt werden. Schließlich können die Maschinen leicht und schnell umkonfiguriert werden, wenn ein anderer Zylinderkopftyp bearbeitet werden soll.

Die Spindeln, die die Werkzeuge halten, können verschiebbar bzw. schwenkbar in der Werkzeugmaschine gelagert sein, um mit Hilfe ein und desselben Werkzeugs mehrere Bearbeitungsschritte am Zylinderkopf durchführen zu können. Vorteilhafterweise sind jedoch in den Werkzeugmaschinen alle Bewegungssachsen im zu bearbeitenden Zylinderkopf konzentriert. Das bedeutet,  
25 dass die Spindeln bzw. die Werkzeuge fest und unbeweglich in der Werkzeugmaschine fixiert sind; die Relativbewegungen, die der Zylinderkopf während der Bearbeitung gegenüber den Werkzeugen der Werkzeugmaschine vollführt, erfolgen mit Hilfe einer mehrachsrig bewegbaren Spannvorrichtung, auf der der Zy-  
30 linderkopf montiert ist.

Vorzugsweise werden diese Werkzeugmaschinen an allen Stationen des Bearbeitungssystems eingesetzt. Diese Stationen unterscheiden sich in bezug auf die Winkelausrichtung, in der

die Zylinderköpfe bearbeitet werden, und werden von den Zylinderköpfen sequentiell durchlaufen. Jede Station umfasst ein oder mehrere Werkzeugmaschinen, auf denen die Zylinderköpfe spanend bearbeitet werden. Alle Werkzeugmaschinen, die einer vorgegebenen Station angehören, sind gleich ausgestattet. Die Werkzeugmaschine unterschiedlicher Stationen unterscheiden sich in bezug auf ihre Werkzeugausstattung, so dass jedem dieser Werkzeugmaschine jeweils nur diejenigen Werkzeuge vorliegen, die zur Bearbeitung der Zylinderköpfe in der jeweiligen, dieser Station entsprechenden Aufspannung benötigt werden.

Der Zylinderkopf wird den Werkzeugmaschinen mit Hilfe eines Transportsystems zugeführt. In der Werkzeugmaschine wird der Zylinderkopf - der jeweiligen Station entsprechend - in einer vorgegebenen Ausrichtung auf einem Spannkopf aufgenommen und mit Hilfe einer Verschiebeeinheit durch den Arbeitsraum der Werkzeugmaschine bewegt.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert; dabei zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Bearbeitungssystems für Zylinderköpfe nach dem Stand der Technik;
- Fig. 2 eine schematische Ansicht eines Bearbeitungssystems für Zylinderköpfe gemäß der Erfindung;
- Fig. 3 eine perspektivische Ansicht einer Werkzeugmaschine.

Figur 1 zeigt ein herkömmliches Bearbeitungssystem 101 zur spanenden Bearbeitung von Zylinderköpfen für PKWs. Das System 101 umfasst sechs Bearbeitungsstationen 102a bis 102f, die im Zuge der Zylinderkopfbearbeitung sequentiell durchlaufen wer-

den. In den unterschiedlichen Bearbeitungsstationen 102a bis 102f werden die Zylinderköpfe in unterschiedlichen Winkelaustrichtungen (OP20, OP40, ...) bearbeitet. Ein Zylinderkopfrohling 3 wird zu Beginn der Bearbeitung zunächst der Bearbeitungsstation 102a zugeführt. In dieser Bearbeitungsstation 102a werden mit Hilfe mehrerer Werkzeugmaschinen 104a, 105a, 106a etc. unterschiedliche spanende Bearbeitungsschritte (Fräsoperationen, Bohroperationen etc.) am Zylinderkopfrohling 3 in der Ausrichtung OP20 durchgeführt. Der Zylinderkopfrohling 3 wird mit Hilfe einer Fördervorrichtung 107a sequentiell den Werkzeugmaschinen 104a, 105a, 106a, zugeführt, von denen jede eine unterschiedliche Bearbeitungsoperation an dem Rohling 3 bewirkt. Jede der Werkzeugmaschinen 104a, 105a, 106a, etc. ist somit auf eine spezifische Bearbeitungsaufgabe (feste Zylinderkopf-Aufspannung, festes Bearbeitungswerkzeug) festgelegt.

Nach Beendigung der Bearbeitungsschritte der Station 102a wird der Zylinderkopfrohling 3 mit Hilfe einer (schematisch als Pfeil dargestellten) Fördervorrichtung 108 der nächsten Bearbeitungsstation 102b zugeführt. Diese Bearbeitungsstation 102b umfasst vier identisch ausgerüstete flexible Bearbeitungszentren 109, in denen der Zylinderkopfrohling 3 einer spanenden Bearbeitung in der Ausrichtung OP40 unterzogen wird. Jede dieser flexiblen Bearbeitungszentren 109 ist so ausgerüstet, dass das gesamte der Ausrichtung OP40 entsprechende Bearbeitungsprogramm in ihr ausgeführt werden kann; diese flexiblen Bearbeitungszentren 109 sind also parallel zueinander angeordnet, so dass der Zylinderkopfrohling 3 jeweils nur eine dieser flexiblen Bearbeitungszentren 109 durchläuft. Jede der flexiblen Bearbeitungszentren 109 ist mit einer Spindel und einem Werkzeugmagazin ausgerüstet, das alle Werkzeuge enthält, die für die Zylinderkopfbearbeitung in Ausrichtung OP40 benötigt werden. Im Zuge der Zylinder-

kopfbearbeitung in den Arbeitszellen 109 kommen unterschiedliche Werkzeuge zum Einsatz, die nacheinander vom Werkzeugmagazin der Arbeitszelle 109 auf die Spindel dieser Arbeitszelle 109 gesetzt werden.

5

Nach Beendigung der Bearbeitungsschritte der Station 102b wird der Zylinderkopfrohling 3 in die Bearbeitungsstation 102c transportiert, in der er mit Hilfe der flexiblen Bearbeitungszentren 109' in der Ausrichtung OP50 bearbeitet wird.

10

Auch diese flexiblen Bearbeitungszentren 109' sind parallel zueinander angeordnet, so dass jeder Zylinderkopfrohling 3 nur eine dieser flexiblen Bearbeitungszentren 109' durchläuft. Gegenüber den flexiblen Bearbeitungszentren 109 der Bearbeitungsstation 102b unterscheiden sich die Bearbeitungszentren 109' nur in bezug auf die Aufspannung des Zylinderkopfes und die Werkzeuge, die im Werkzeugmagazin vorgehalten werden.

15

Anschließend werden die Zylinderkopfrohlinge 3 der Bearbeitungsstation 102d zugeführt, in der sie in einer Ausrichtung OP60 bearbeitet werden. Diese Bearbeitungsstation 102d ähnelt der Station 102a insofern, als auch sie mehrere Werkzeugmaschinen 110,111,112 etc. umfasst, die sequentiell durchlaufen werden; jeder Zylinderkopf 3 wird also mit Hilfe einer Fördervorrichtung 113 nacheinander allen Werkzeugmaschinen 110,111,112 etc. zugeführt und dort mit Hilfe eines bestimmten Werkzeugs bearbeitet. Dies gilt auch analog für die Bearbeitungsstationen 102e und 102f, in denen die Zylinderkopfrohlinge 3 in den Ausrichtungen OP90 bzw. OP120 sequentiell mehrere Werkzeugmaschinen durchlaufen. Danach ist die spanende Bearbeitung des Zylinderkopfes 3 beendet.

Das herkömmliche Bearbeitungssystem 101 ist somit ein hybrides System mit starren Komponenten (Transferlinien

102a, 102d, 102e, 102f) und flexiblen Komponenten (Arbeitszellen 109, 109' in Stationen 102b und 102c).

Ein erfindungsgemäßes Bearbeitungssystem 1 zur spanenden Bearbeitung von Zylinderköpfen 3 ist in Figur 2 dargestellt. Auch hier erfolgt die Zylinderkopfbearbeitung in sechs Bearbeitungsstationen 2a bis 2f, wobei jede dieser Bearbeitungsstationen jeweils einer definierten Winkelausrichtung (OP20, OP40, ...) des Zylinderkopfs 3 entspricht. In der als erste zu durchlaufenden Bearbeitungsstation 2a sind zur spanenden Bearbeitung des Zylinderkopfs 3 in Ausrichtung OP20 drei Werkzeugmaschinen 9 vorgesehen, die identisch konfiguriert und ausgerüstet sind. Der zu bearbeitenden Zylinderkopf 3 wird - nach Verfügbarkeit - einer dieser drei Werkzeugmaschinen 9 zugeführt und dort bearbeitet.

Figur 3 zeigt eine perspektivische Ansicht der Werkzeugmaschine 9. Die Maschine 9 umfasst eine Spannvorrichtung 5, mit Hilfe derer der Zylinderkopf 3 in der Ausrichtung OP20 aufgenommen wird. Die Spannvorrichtung 5 ist auf einer (in Figur 3 nicht dargestellten) Verschiebeeinheit montiert, mit Hilfe derer der Zylinderkopf im Arbeitsraum 6 der Werkzeugmaschine 9 verschoben werden kann. Weiterhin umfasst die Werkzeugmaschine 9 eine Vielzahl von ortsfesten Spindeln 7, in denen Werkzeuge 8 (Bohrer, Fräser, ...) aufgenommen sind. Diese Werkzeuge 8 ragen somit von unten, von oben und seitlich in den Arbeitsraum 6 der Werkzeugmaschine 9 hinein. Die Spindeln 7 sind individuell antreibbar, können aber auch gekoppelt sein; einige von ihnen sind in einer solchen Weise im Arbeitsraum 6 der Werkzeugmaschine 9 angeordnet, dass mit Hilfe der auf ihnen geführten Werkzeuge 8 mehrere Bearbeitungsoperationen des Zylinderkopfs 3 simultan durchgeführt werden können. So können beispielsweise - nachdem der Zylinderkopf 3 mit Hilfe der Verschiebeeinheit hochgenau gegenüber den Spin-

deln 7' positioniert worden ist - mit Hilfe der darin gehaltenen Werkzeuge 8' simultan mehrere Bohroperationen an dem Zylinderkopf 3 durchgeführt werden.

- 5 Im Unterschied zu den Werkzeugmaschinen 109 der Bearbeitungsstationen 102b und 102c des herkömmlichen Bearbeitungssystems 101, in denen die Spindeln zur Bearbeitung des Zylinderkopfs 3 nacheinander mit unterschiedlichen Werkzeugen bestückt werden, die sie aus dem Werkzeugmagazin entnehmen, trägt in den 10 Werkzeugmaschinen 9 jede Spindel 7,7' ein festes Werkzeug 8,8'. Während in den Werkzeugmaschinen 109 durch den Werkzeugwechsel große (unproduktive) Nebenzeiten entstehen, sind die Werkzeugmaschinen 9 nahezu nebenzeitfrei. Eine weitere 15 Zeitersparnis kommt dadurch zustande, dass mehrere der Werkzeuge 8,8' simultan zum Eingriff mit dem Zylinderkopf 3 kommen können.

Ist die Bearbeitung des Zylinderkopfes 3 in einer der Werkzeugmaschinen 9 der Station 2a abgeschlossen, so wird der Zylinderkopf 3 mit Hilfe eines Fördersystems 4 in eine der 20 Werkzeugmaschinen 10 der Bearbeitungsstation 2b verbracht, wo der Zylinderkopf 3 in Ausrichtung OP40 bearbeitet wird. Die Werkzeugmaschinen 10 entsprechen in bezug auf ihren Grundaufbau den Werkzeugmaschinen 9, allerdings verfügen sie über einen anderen Satz von Spindeln und Werkzeugen, die so im Arbeitsraum der Werkzeugmaschine 10 angeordnet sind, dass mit Hilfe der in diesen Spindeln gehaltenen Werkzeuge alle Bearbeitungsschritte der Ausrichtung OP40 des Zylinderkopfs 3 durchgeführt werden können. Nach der Bearbeitung des Zylinderkopfes 3 in einer der Werkzeugmaschinen 10 der Station 2b 25 wird der Zylinderkopf 3 in eine der Werkzeugmaschinen 11 der Station 2c verbracht, in der er in der Ausrichtung OP50 bearbeitet wird. Es folgen Bearbeitungen in Station 2d (in einer der Maschinen 12), Station 2e (in einer der Maschinen 13) und 30 Station 2f (in einer der Maschinen 14).

Station 2f (in Maschine 14). Jeder dieser Maschinentypen 11,12,13,14 entspricht bezüglich seines Grundaufbaus den Maschinen 9 und 10 und verfügt über einen Satz von Spindeln und von fest in diesen Spindeln gehaltenen Werkzeugen, die für 5 die Bearbeitung des Zylinderkopfs in der zugehörigen Ausrichtung benötigt werden.

Die Zahl der Werkzeugmaschinen 9,10,... in den Bearbeitungsstationen 2a bis 2f entspricht den Bearbeitungszeiten der Zylinderköpfe 3 in der zugehörigen Ausrichtung OP20, OP40, ... 10 So sind beispielsweise in den Stationen 2a und 2c, in denen ein umfangreiches Bearbeitungsprogramm an den Zylinderköpfen 3 durchlaufen wird, mehr (nämlich drei) Werkzeugmaschinen 9,11 vorgesehen als in den restlichen Stationen. Durch eine 15 Anpassung der Zahl der Werkzeugmaschinen 9,10,... in den Stationen 2a,2b,... können die Durchlaufzeiten der Zylinderköpfe 3 durch das Bearbeitungssystem 1 optimiert werden.

Wie oben beschrieben, stimmen die Werkzeugmaschinen 9,10,... 20 in bezug auf ihren Grundaufbau überein, unterscheiden sich jedoch in bezug auf ihre Bestückung, d.h. auf die Lage und Ausrichtung der Spindeln 7,7' und der in den Spindeln 7,7' gehaltenen Werkzeuge 8,8'. Dadurch können Werkzeugmaschinen 9 25 in Station 2a beispielsweise umgerüstet werden zu Werkzeugmaschinen 10 in Station 2b, indem die Werkzeugmaschine 9 mit anderen Spindeln versehen und diese Spindeln mit anderen Werkzeugen bestückt werden.

DaimlerChrysler AG

Dr. Närger

20.10.2003

Patentansprüche

- 5     1. Bearbeitungssystem (1) zur spanenden Bearbeitung von Zylinderköpfen (3), insbesondere von Zylinderköpfen für PKWs,
- mit mehreren Bearbeitungsstationen (2a-2f), in denen die zu bearbeitenden Zylinderköpfe in unterschiedlichen Ausrichtungen (OP20-OP120) bearbeitet werden,
- 10    – wobei die zu bearbeitenden Zylinderköpfe den Bearbeitungsstationen (2a-2f) sequentiell zugeführt werden,
- wobei jede Bearbeitungsstation (2a-2f) eine oder mehrere identische Werkzeugmaschinen (9-14) umfasst,
- 15    – und wobei jede Werkzeugmaschine (9-14) mehrere Werkzeugspindeln (7,7') umfasst, von denen zumindest einige fest mit einem Werkzeug (8,8') bestückt sind.
- 20    2. Bearbeitungssystem nach Anspruch 1 durch gekennzeichnet,  
      dass zumindest einige der Werkzeugspindeln (7') in einer solchen Weise im Arbeitsraum (6) der Werkzeugmaschine (9-14) angeordnet sind, dass die auf ihnen befestigten Werkzeuge (8') simultan am Zylinderkopf (3) zum Eingriff kommen.
- 25

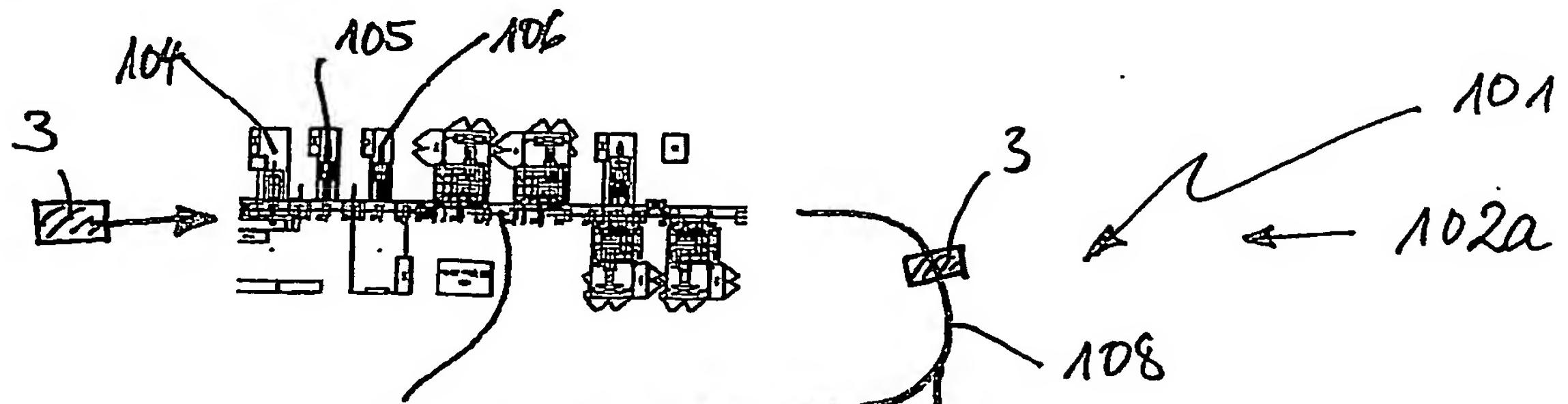
3. Bearbeitungssystem nach Anspruch 1 oder 2  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Werkzeugmaschinen (9-14) unterschiedlicher Bear-  
beitungsstationen (2a-2f) in bezug auf ihren Grundaufbau  
übereinstimmen, sich jedoch in bezug auf die Zahl  
und/oder Anordnung und/oder Dimensionierung der in ihnen  
enthalteten Werkzeugspindeln (7,7') unterscheiden.
4. Bearbeitungssystem nach einem der vorangehenden Ansprü-  
che,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Werkzeugspindeln (7,7') unbeweglich in den Werk-  
zeugmaschinen (9-14) fixiert sind, so dass alle Relativ-  
bewegungen des Zylinderkopfs (3) gegenüber den Werkzeugen  
(8,8') mit Hilfe der Spannvorrichtung 5 bewirkt werden.

1/3

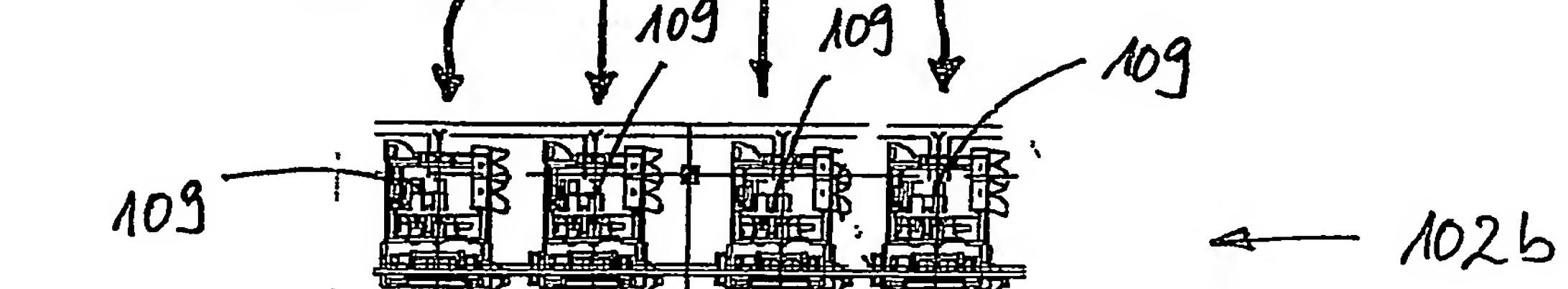
P8038A4 / DE / A

STAND DER TECHNIK

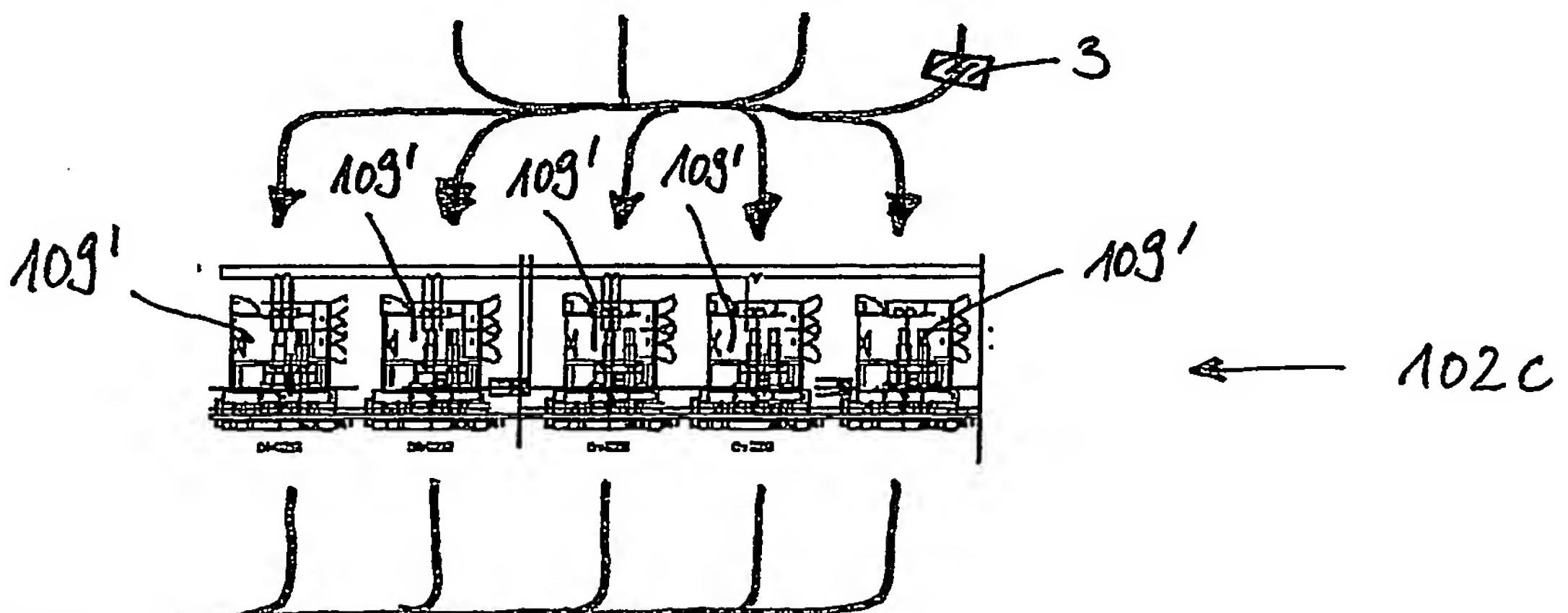
OP 20



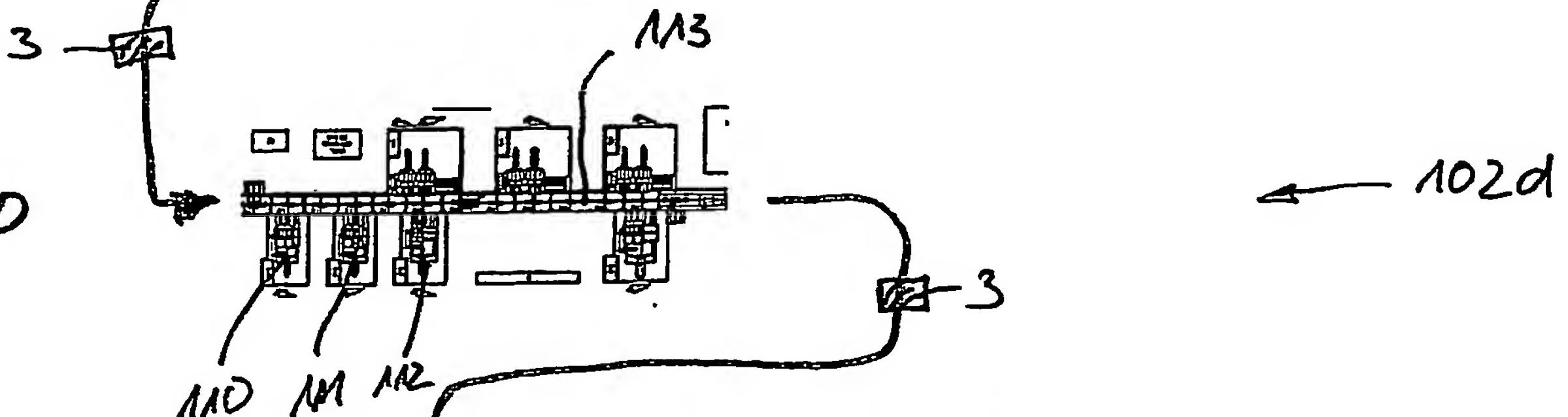
OP 40



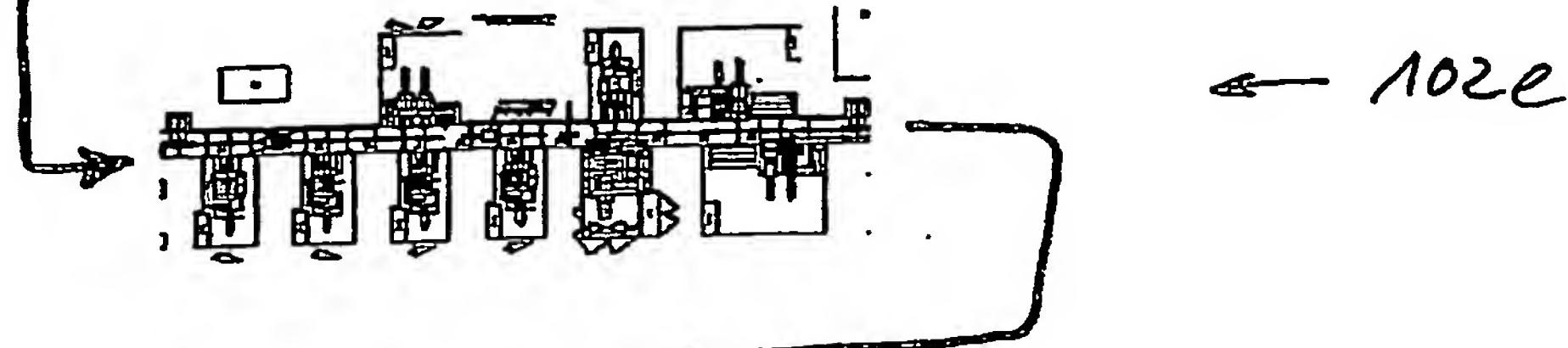
OP 50



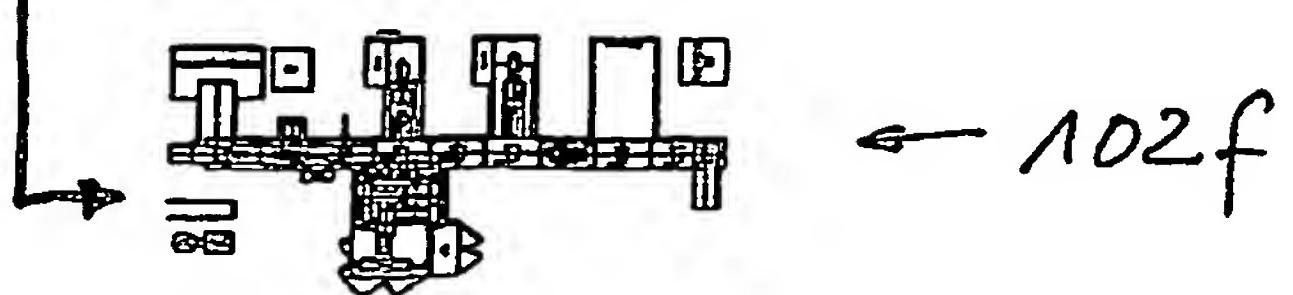
OP 60



OP 90



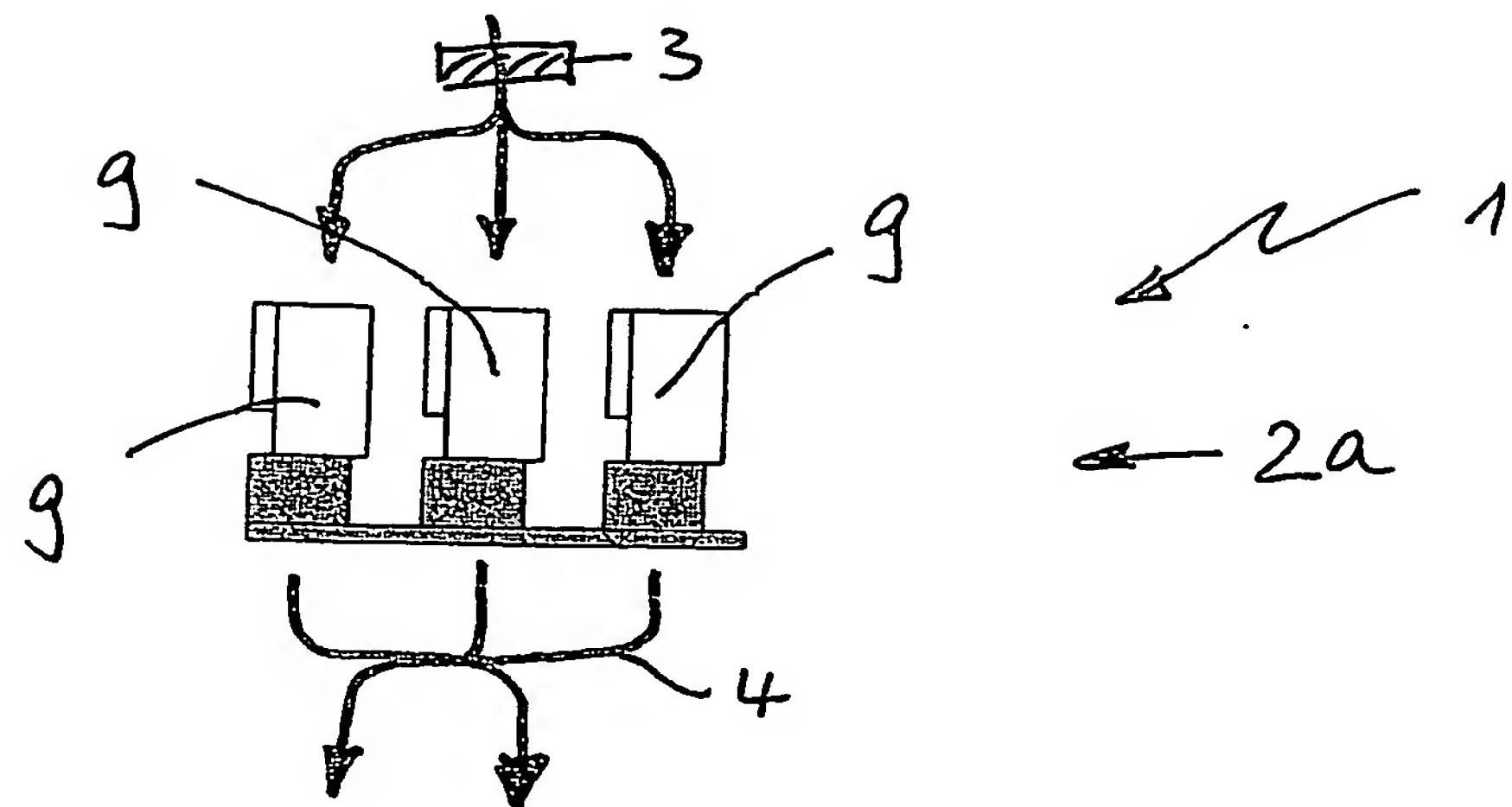
OP 120



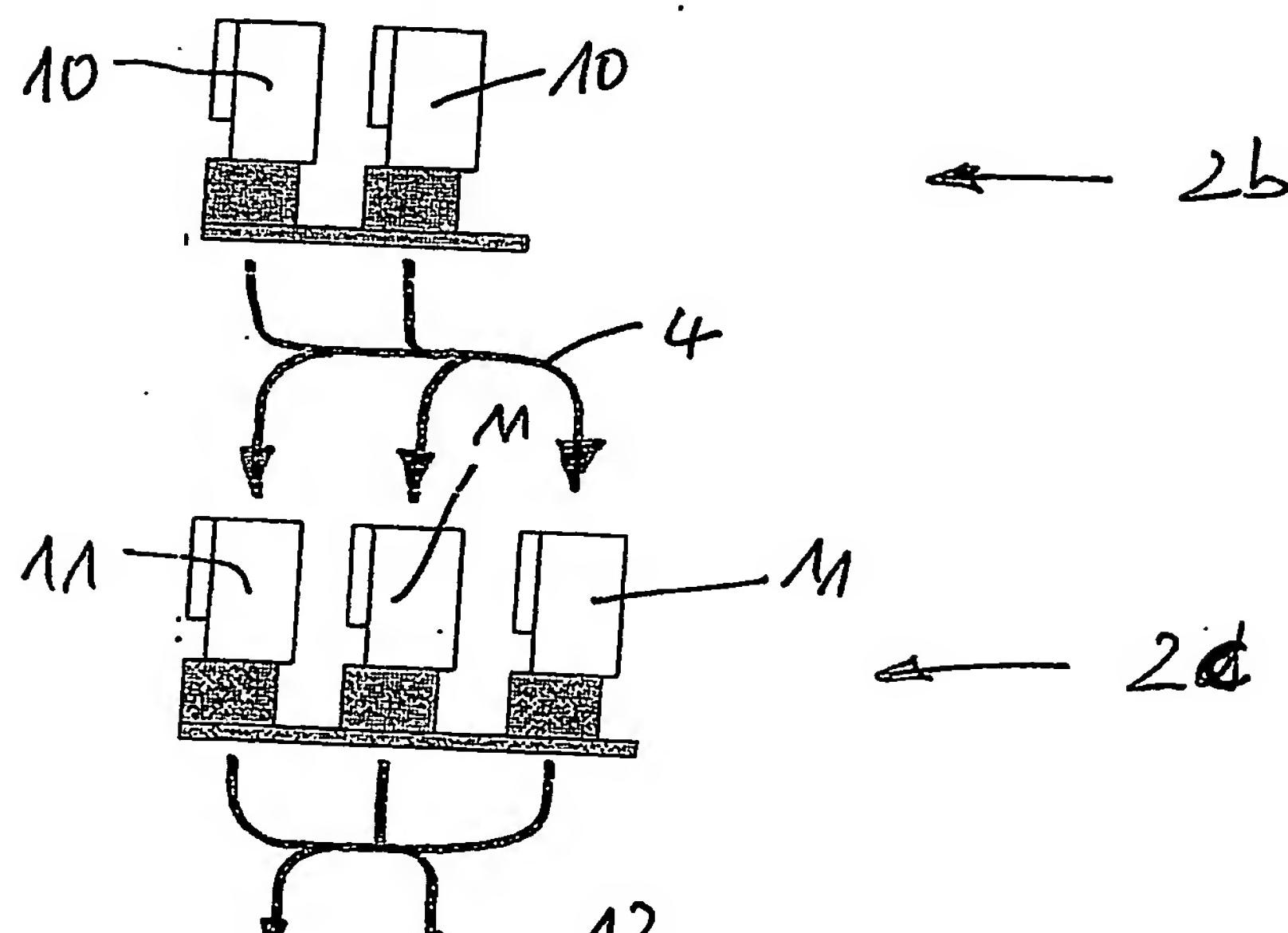
2/3

P8038A4 1DE/1

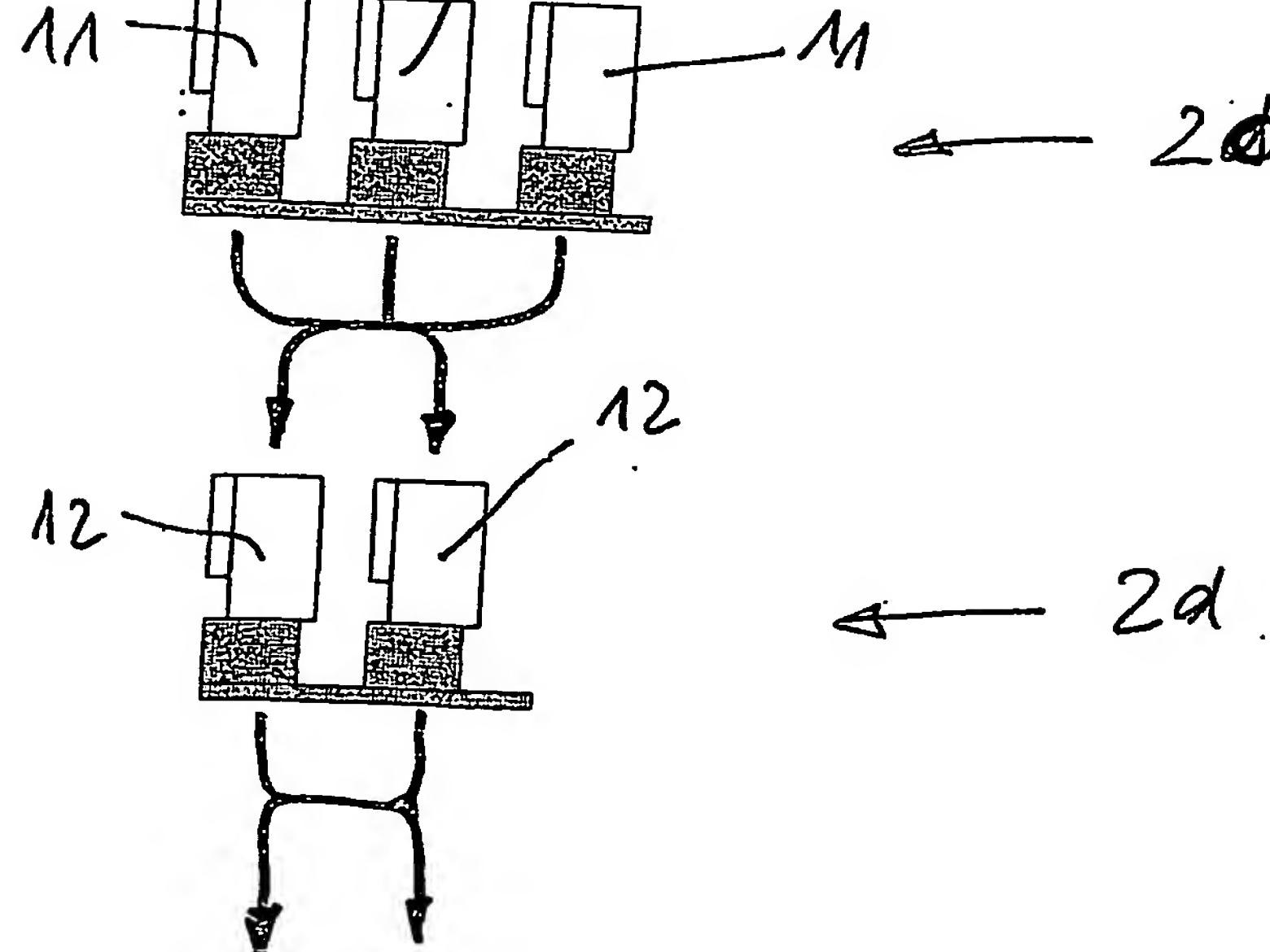
OP20



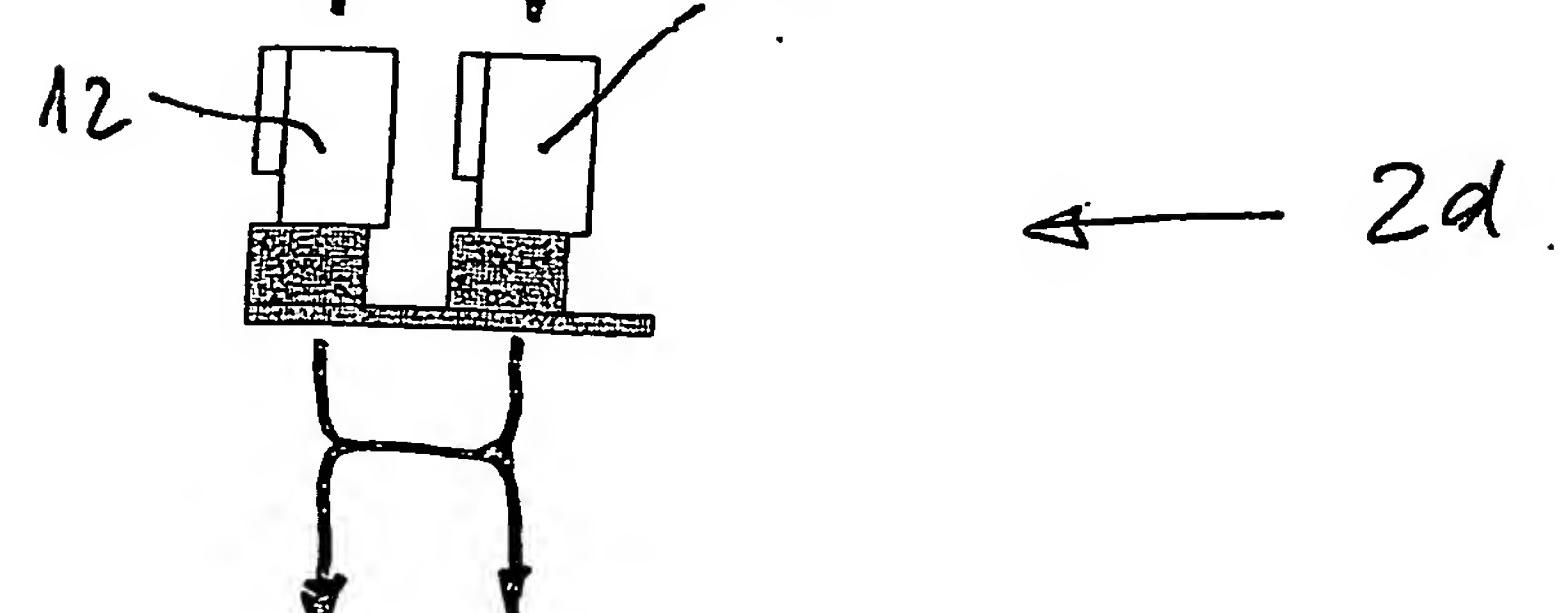
OP 40



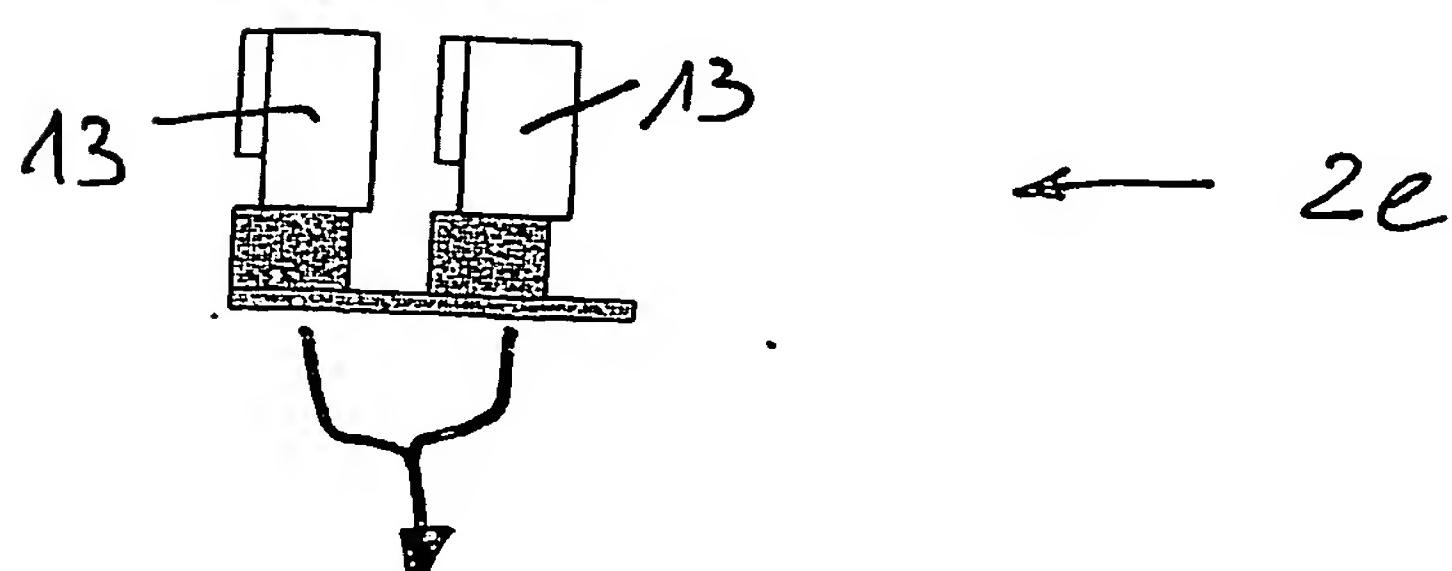
OP 50



OP 60



OP 90

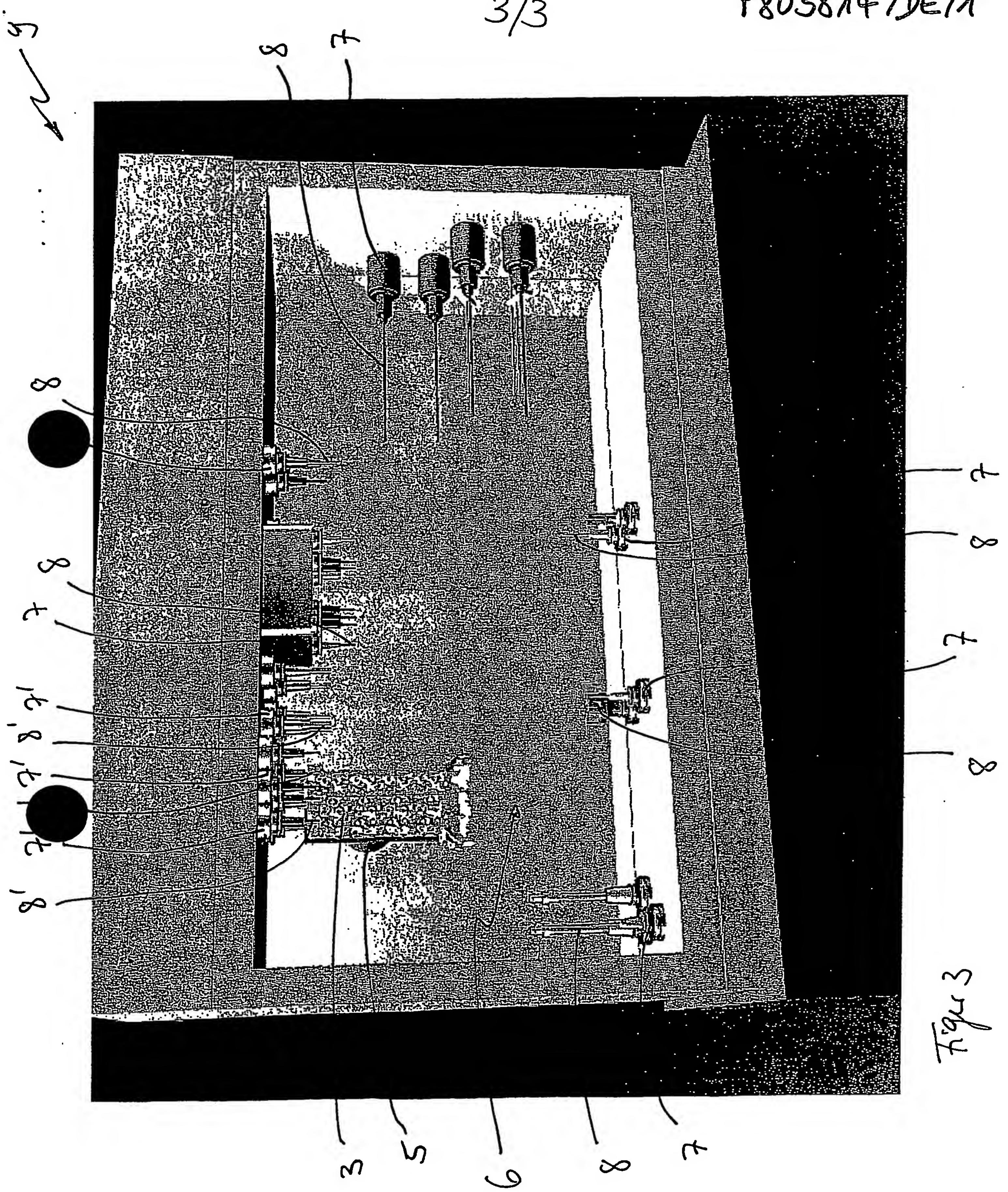


OP 120



P803814 DE11

3/3



DaimlerChrysler AG

Dr. Närger

20.10.2003

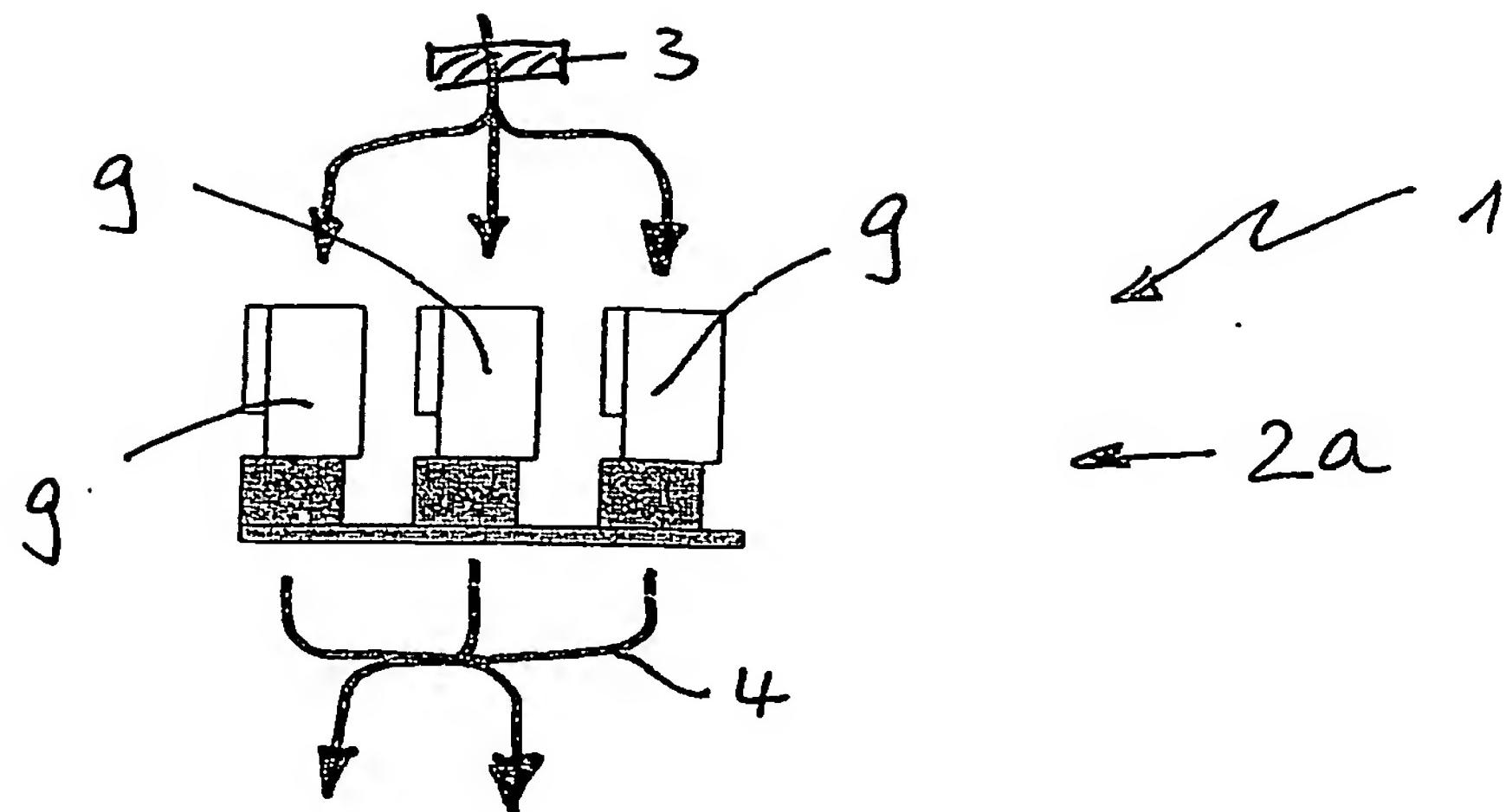
Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Bearbeitungssystem zur spanenden Bearbeitung von Zylinderköpfen (3) und umfasst mehrere Bearbeitungsstationen, in denen die zu bearbeitenden Zylinderköpfe (3) in unterschiedlichen Ausrichtungen bearbeitet werden. Jede Bearbeitungsstation umfasst eine oder mehrere identische Werkzeugmaschinen (9). Jede dieser Werkzeugmaschinen (9) weist mehrere Werkzeugspindeln (7,7') auf, von denen zumindest einige fest mit einem Werkzeug (8,8') bestückt sind. Der Zylinderkopf (3) wird mit Hilfe einer Verschiebeeinheit im Arbeitsraum (6) der Werkzeugmaschine (9) verschoben und in einer solchen Weise gegenüber den Werkzeugen (8,8') positioniert, dass diese Werkzeuge (8,8') nacheinander oder gleichzeitig mit dem Zylinderkopf (3) in Eingriff kommen. Mit einem solchen Bearbeitungssystem können die Nebenzeiten bei der spanenden Bearbeitung von Zylinderköpfen (3) erheblich reduziert werden.

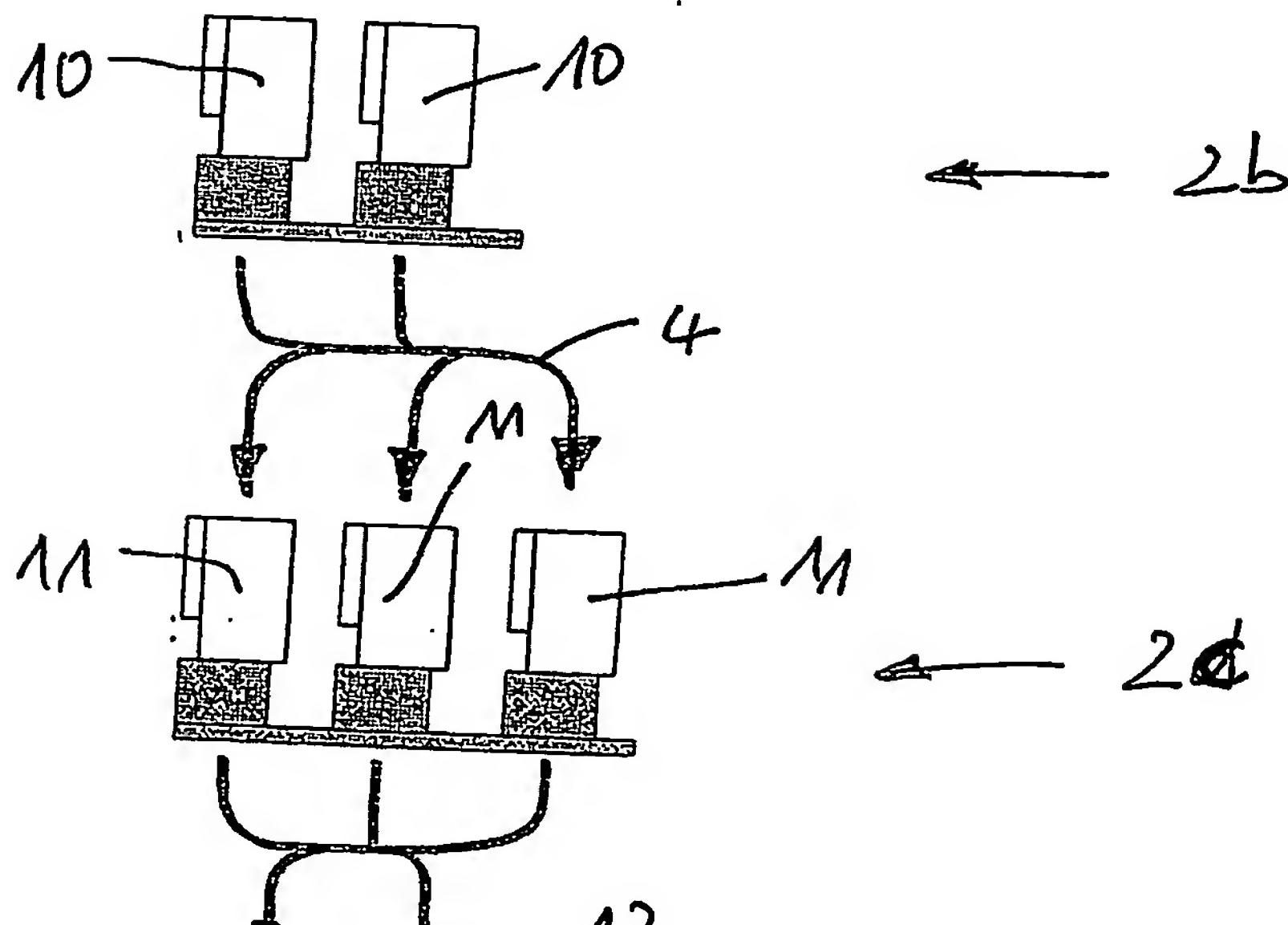
(Figur 2)

P803814 1DE/1

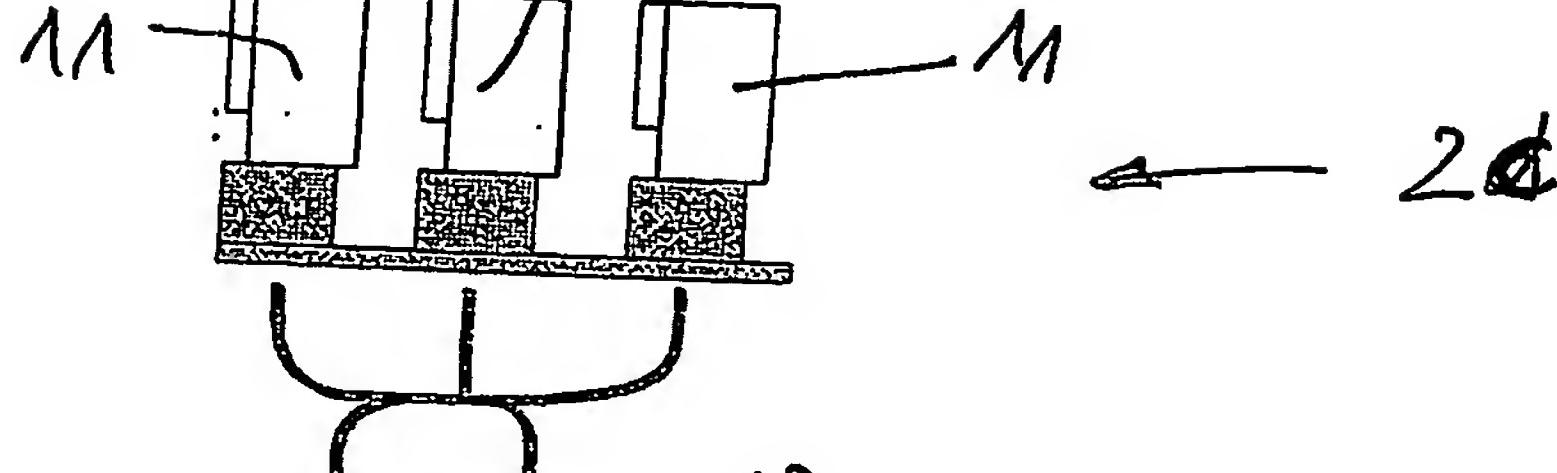
OP20



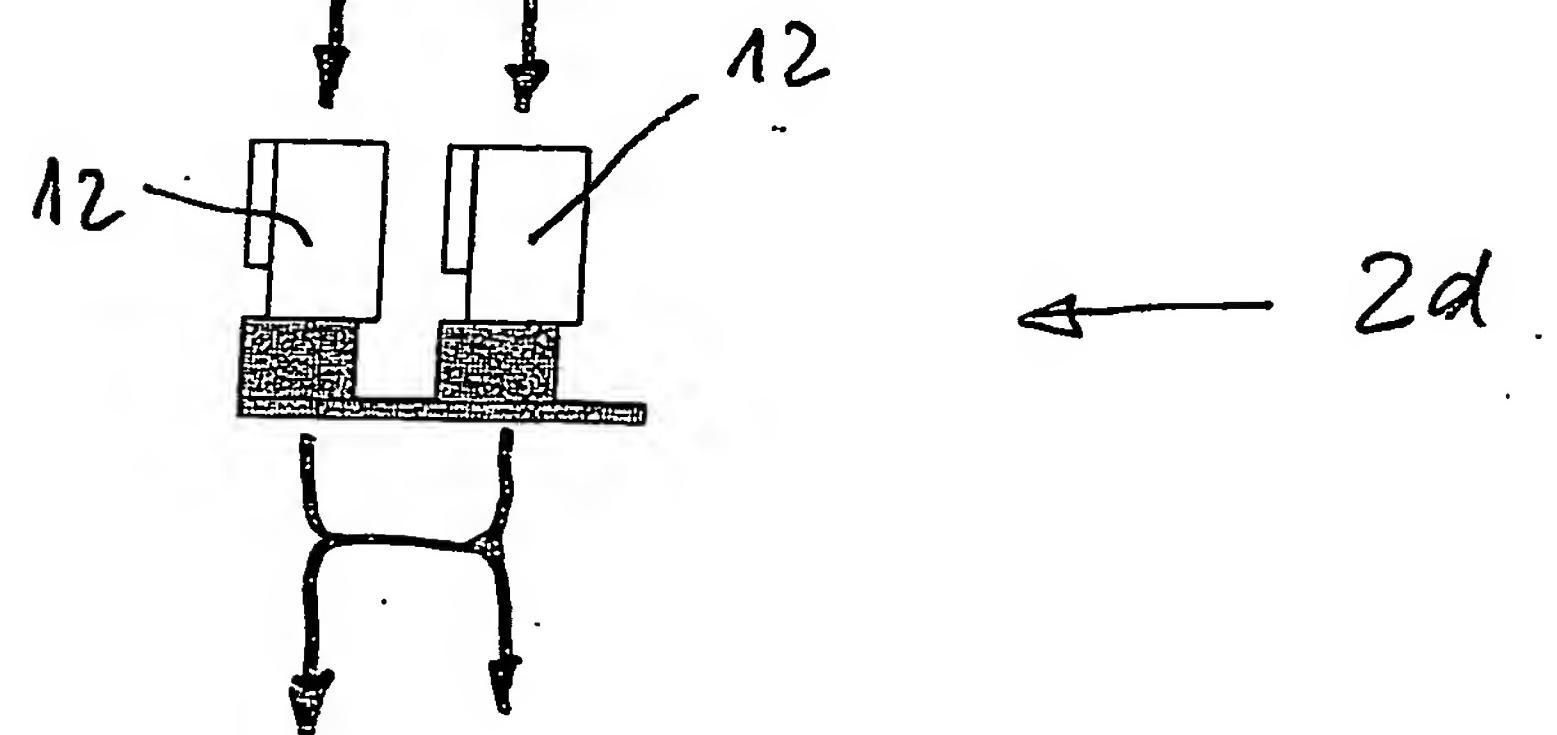
OP 40



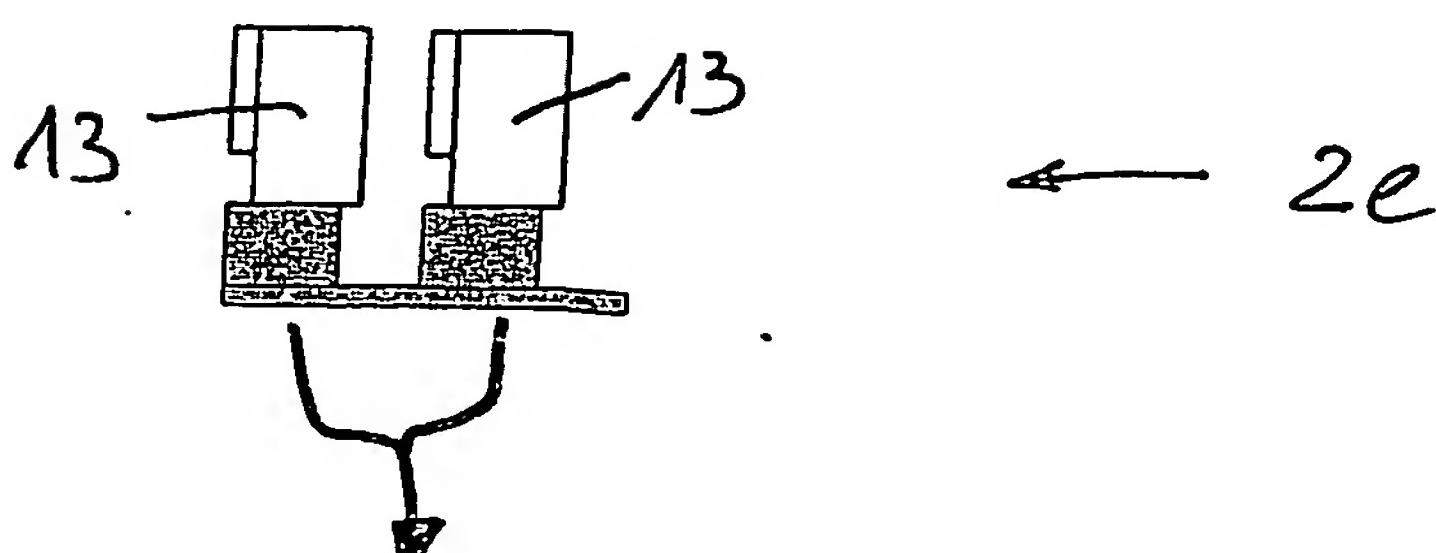
OP 50



OP 60



OP 90



OP 120

